كيف تعمل

الطائرة

محمود توفيق

2013



دار الشروق

كيف تعمل
الطائرة

سلسلة الشروق العلمية

كيف تعمل الطائرة

دكتور: أنور عبد الواحد

دار الشروق

بيروت : ص.ب : ٨٠٦٤ - هاتف : ٣١٥٨٥٩ - ٣١٥٠١٠١ - برقيا : داشروق
القاهرة : ١٦ شارع جواد حسني - هاتف : ٧٥٤٣١٤ - برقيا : شروق القاهرة

الطبعة الثانية
١٣٩٩هـ - ١٩٧٩م

المحتويات

صفحة

مقدمة	٦
الرفع ومقاومة الهواء	٧
جناحا الطائرة	١٠
سريان الهواء فوق جناح الطائرة	١٢
القوى المؤثرة على الطائرة	١٤
الاستقرار وتحركات الطائرة	١٥
التحكم في الطائرة	١٨
المزيد عن الاستقرار ـ الطيار الأوتوماتيكي	٢٠
سرعة الطائرة	٢٢
نهوض الطائرة	٢٥
الطيران المستوي ومدى السرعة	٢٨
كيف تصل الطائرة الصاعدة إلى أقصى ارتفاع لها	٣٠
الدوران	٣٢
الحط على الأرض	٣٤
تخفيض سرعات الحط	٣٥
المروحة	٣٨
المحركات الكباسية	٤٠
النفاثات والتوربينات المروحية	٤٢
أجهزة الطيران	٤٥
الملاحة	٤٦
المعدات المساعدة	٤٨
الحاجز الصوتي	٥٠
المصطلحات الفنية	٥٢

مقدمة

كان السفر جواً هو دائماً المشكلة الكبرى بين وسائل الانتقال الثلاث : البري ، والبحري ، والجوي . ولم يتمكن الإنسان إلا في السنوات الحديثة نسبياً من بناء طائرة يمكن الاعتماد عليها تماماً لنقله عبر الهواء . والغرض من هذا الكتاب هو أن نعرض بأبسط أسلوب ممكن الكيفية التي تطير بها الطائرات .

إن السيارات تتنقل على أرض صلبة بمحرك يدفعها إلى الأمام . وتطفو القوارب والسفن على الماء ، وهي تظل طافية تحت كل الظروف العادية . ولكن الطائرة أثقل وزناً من الهواء الذي تطير فيه ، ومع ذلك فهي تنهض عن الأرض ، وتظل باقية في الهواء بالرغم من وزنها ، ثم تعود إلى الأرض في أمان تام .

ولكي نتعرف على الكيفية التي تعمل بها الطائرة ، يجب أن نعرف أولاً بعض المعلومات الأساسية عن الهواء ، وخواصه

التي نستفيد منها في تطيير الطائرات ، والكيفية التي يؤثر بها عليها وهي تتحرك خلاله . ومن المهم كذلك أن نعرف الكيفية التي تبنى بها الطائرة ، وطريقة التحكم فيها وجعلها تستجيب لقائدها .

إنه موضوع كبير ، ولكنه مشوق حقاً .

الرفع ومقاومة الهواء :

يحيط بسطح كرتنا الأرضية غلاف ضخم من الهواء . وللهواء ضغط جوي ناتج عن وزن كل الهواء الموجود فوق سطح الأرض . وعندما نبارح سطح الأرض ونصعد في الهواء ، فإن الضغط يتناقص لأن الهواء الذي يحدث الضغط يقل كلما زاد ارتفاعنا .

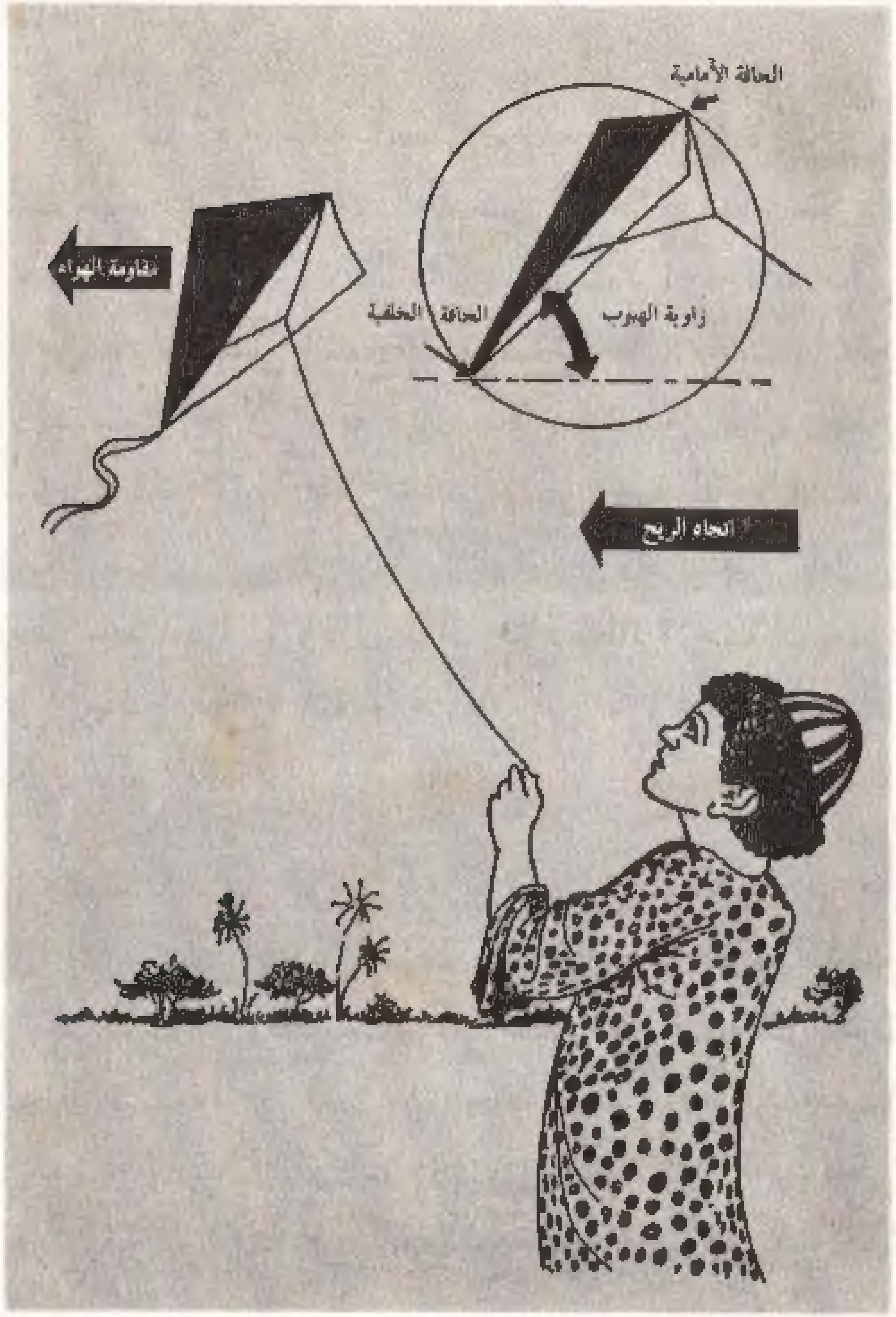
كذلك فإن الهواء **قابل للانضغاط** ، وهذا يعني أنه أكثر انضغاطاً ، أو أعلى كثافة كلما زاد قربه من الأرض . وهذا أيضاً يرجع إلى ضغط الهواء الكلي فوق الأرض . ولأن الهواء أعلى كثافة عند مستوى البحر ، فإنه يكون هناك أثقل من الهواء عند المستويات الأعلى .

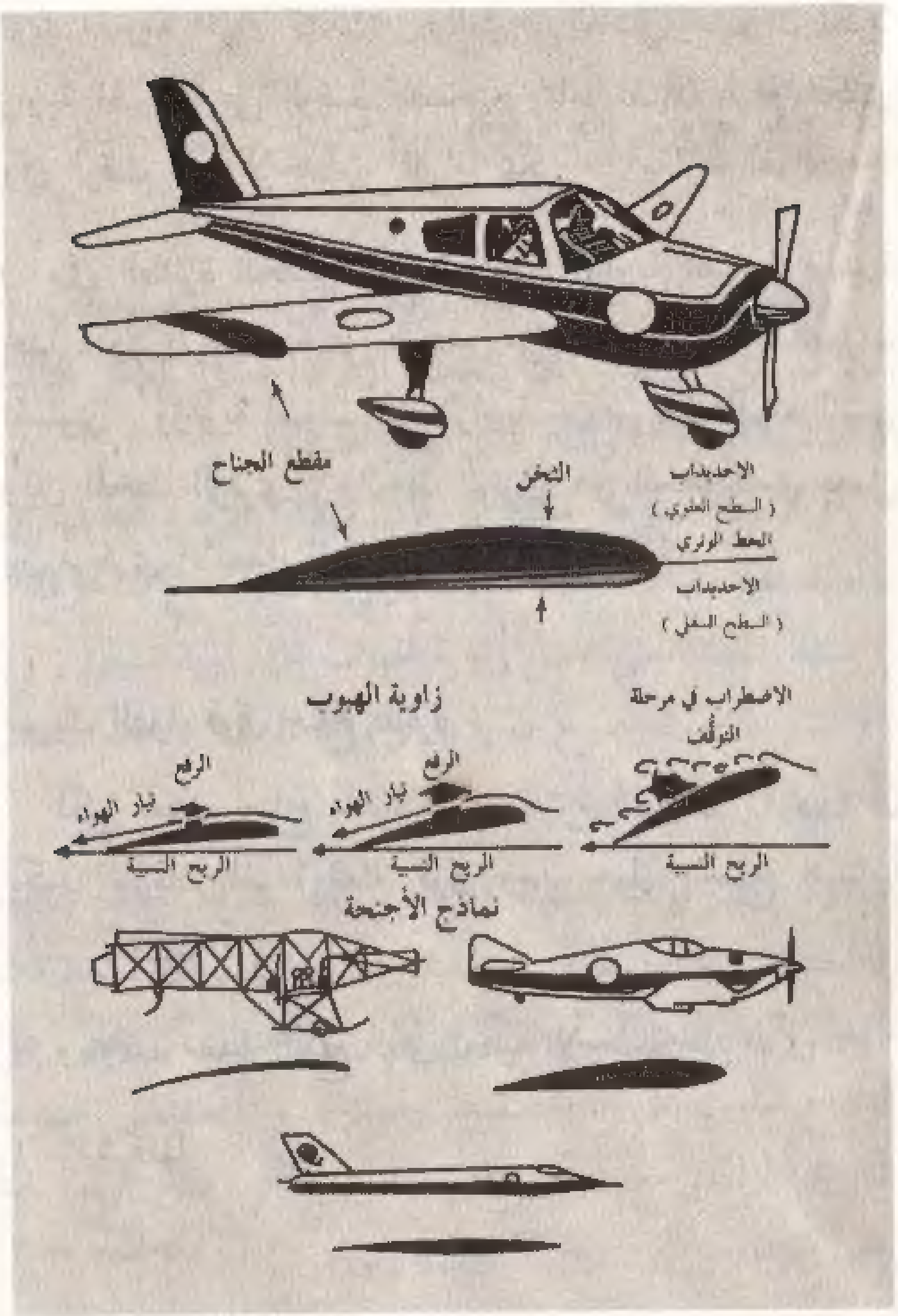
وهذه الفروق في ضغط الهواء وفي الكثافة عامل بالغ الأهمية في تصميم الطائرات .

ولكي تتمكن الطائرة من الطيران في الهواء يجب إعطاؤها قوة رفع تساوي على الأقل وزنها هي . كيف يتهيأ هذا الرفع ؟ لنعتبر أولاً الطيارة الورقية . ان خيوط الطيارة الورقية تثبت بكيفية لا تجعل الطيارة مسطحة الوضع أو عمودية عند تطييرها بل مائلة بزاوية ، أي أن المقدمة أو **الحافة المتقدمة** تكون أعلى من المؤخرة أو **الحافة الخلفية** .

والزاوية التي تميل بها الطيارة الورقية تسمى زاوية الهبوب . أما القوة المتجهة إلى أعلى والتي تتسبب في صعود الطيارة فتسمى **الرفع** . ويحدث الهواء شداً في اتجاه يضاد اتجاه الطيران ، وهذا الشد يسمى **مقاومة الهواء** .

وفي حالة الطائرات ، فإن الرفع قوة مفيدة ولازمة للطيران . ونحصل عليه من الجناحين ومن سرعة الطائرة إلى الأمام . وتحدث مقاومة الهواء شداً إلى الخلف يعوق الحركة إلى الأمام ، ولذلك يجب إقلالها إلى أدنى حد ممكن .





جناحا الطائرة :

تمثل الطيارة الورقية أبسط نوع من أنواع الأجنحة . بأسطحها المنبسطة ووزنها الخفيف . وتحتاج الطائرات إلى أجنحة أكثر فعالية ، ولقد ابتكر المصممون أجنحة لها شكل خاص مقوس تسمى **أسطح الانسياب الرافعة** . ويتكون سطح الانسياب الرافع في الواقع من سطحين ، سطح علوي وسطح سفلي ، لكل منهما قوس خاص يسمى **نسبة الاحديداب** . وهناك سببان رئيسيان لذلك : أولهما ، أن السطح المقوس يعطي رفعاً أفضل ، والثاني ، أن جناح الطائرة يجب أن يعمل على إنهاض الطائرة الثقيلة عن الأرض ، ولذلك يجب أن يكون بالغ المتانة .

ولقد ذكرنا من قبل أن الزاوية التي تميل بها الطيارة الورقية إلى أعلى تسمى زاوية الهبوب . ولجناحي الطائرة كذلك زاوية هبوب ، وهما يثبتان مع جسم الطائرة بحيث تكون الحافة المتقدمة أعلى قليلاً من الحافة الخلفية عند مشاهدتهما في وضع الطيران . وكلما زادت زاوية الهبوب فإنها تعطي رفعاً أكثر ، كما هي الحال مع الطيارة الورقية ، ولكنها

تزيد مقاومة الهواء كذلك . وللطيران العادي يجب أن تكون زاوية الهبوب على الوضع الصحيح تماماً لضمان الرفع الكافي وفي الوقت نفسه لإحداث أقل ما يمكن من مقاومة الهواء .

وفي الطائرة الحديثة السريعة تكون زاوية الهبوب صغيرة جداً ، ولا تزيد عادة على درجتين من الأفقي في حالة الطيران المستوي . وزاوية الهبوب هي الزاوية بين **سريان الهواء** النسبي وبين **الخط الوتري** . والخط الوتري هو الخط الذي يصل بين مركزي الانحناء للحافتين المتقدمة والخلفية .

سريان الهواء فوق جناح طائرة :

لكي يعطى جناح طائرة الرفع اللازم للطيران ، يجب أن يكون سريان الهواء العام فوق ومن حول الجناح انسيابياً وليس مضطرباً .

ويتوقف مقدار الرفع الذي تعطيه الأجنحة على الآتي :

١ – شكلها .

٢ – مساحتها .

٣ – كثافة الهواء الذي تطير خلاله .

٤ – سرعة مرور الهواء فوقها .

٥ – زاوية الهبوب .

والعاملان ٤ و ٥ هما اللذان يمكن أن يتحكم فيهما الطيار ، بالرغم من أنه يمكن أن يتحكم إلى حد ما في العامل الثالث وذلك باختياره للارتفاع الذي يطير عليه .

وبالنسبة لسرعة معينة ، فإن مقدار الرفع تتحكم فيه زاوية الهبوب ، فكلما زادت زاوية الهبوب يزيد الرفع . ويستمر ذلك حتى تصل زاوية الهبوب إلى زاوية تسمى زاوية الانهيار ، حيث يصبح سريان الهواء مضطرباً ويحدث تناقص فجائي في مقدار الرفع .

ولما كان وزن الطائرة في الهواء ثابتاً ، فإن الرفع اللازم للاحتفاظ بها طائرة في استقامة واستواء يجب أن يكون ثابتاً كذلك . ولهذا السبب يمكن لطيار الاختبار أن يطير على ارتفاع مأمون طيراناً مستقيماً ومستوياً ، بتخفيض السرعة تدريجياً ولكن مع زيادة زاوية الهبوب لكي يظل الرفع ثابتاً حتى الوصول إلى زاوية الانهيار .

القوى المؤثرة على الطائرة :

يمكننا الآن أن نلخص القوى المختلفة التي تؤثر على أية طائرة ونرى كيف تؤثر عليها في الطيران المستقيم والمستوي .

تكتسب الطائرة معظم الرفع اللازم لها من الجناحين ، ولا تكاد تعاون أجزاؤها الأخرى في ذلك . ومن الناحية الأخرى ، فإن جسم الطائرة ، والمحرك ، والأجزاء الناتئة الأخرى هي التي تسبب معظم مقاومة الهواء . لذلك يجب أن تكون هذه الأجزاء على أكبر قدر ممكن من الملاسة والانسيابية ، فالسهم يطير في انطلاقه أفضل من الكرة لأنه يلقى مقاومة أقل من الهواء ، وعلى ذلك فإن هذا هو الشكل الذي يستهدف المصممون تحقيقه .

والرفع يؤثر على الطائرة في اتجاه رأسي إلى أعلى ، في حين يؤثر وزن الطائرة في اتجاه رأسي إلى أسفل . وللطيران المستوي والمستقيم يجب أن يكون الرفع مساوياً للوزن . فإذا كان الرفع أكبر يتزايد ارتفاع الطائرة . وإذا كان الوزن أكبر فإن الطائرة تظل تهبط حتى تصطدم بالأرض .

وعلاوة على ذلك فهناك قوى أفقية ، هي **مقاومة الهواء**

التي نعرف الآن أنها قوة تؤثر إلى الخلف فتقاوم تقدم الطائرة ، **والدفع** وهو السحب إلى الأمام بواسطة المحركات . وكما يجب أن يتساوى الرفع والوزن للطيران المستقيم والمستوي ، كذلك يجب أن يتساوى الدفع مع مقاومة الهواء الإجمالية . وطوال تغلب الدفع على مقاومة الهواء فإن سرعة الطائرة تزداد .

الاستقرار وتحركات الطائرة :

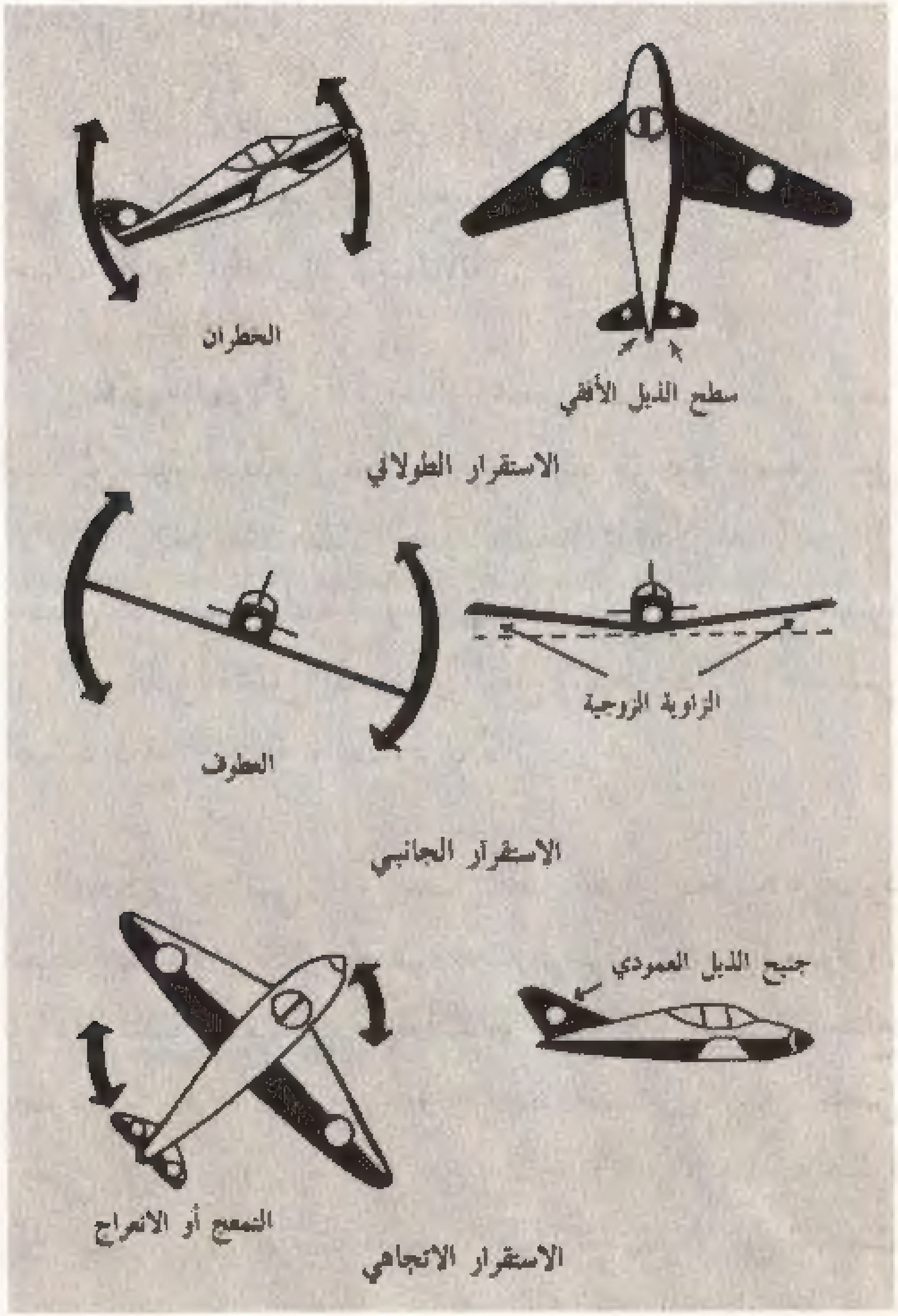
هناك موضوع آخر يهتم به مصممو الطائرات اهتماماً عظيماً ، هو **الاستقرار** . ويمكن وصفه باختصار بأنه الكيفية التي تصحح بها الطائرة التحركات غير المرغوب فيها والتي تحدثها الاضطرابات الهوائية ، دون أن يلجأ الطيار إلى ضبط أجهزة التحكم . وهناك ثلاثة أنواع من التحركات يصمم استقرار الطائرة الطبيعي لتصحيحها :

١ – **الخطران** : وهو التحرك الذي تدفع إليه مقدمة الطائرة إلى أعلى أو إلى أسفل نتيجة لحدوث اضطراب في الهواء . ويجب أن يكون للطائرة **استقرار طولاني** (في اتجاه

الطول) لإعادة المقدمة إلى وضعها المستوي الأصلي . **وسطح الذيل الأفقي** هو الجزء الذي يؤدي هذه المهمة .

٢ - **العطوف** : تنعطف الطائرة عند دفع طرفي الجناحين إلى أعلى أو إلى أسفل . وفي هذه الحركة تجنح الطائرة إلى الانزلاق الجانبي في اتجاه طرف الجناح الأكثر انخفاضاً ما لم يصحح ذلك بواسطة **الاستقرار الجانبي** . ويحصل عادة على الاستقرار الجانبي بإمالة الجناحين إمالة خفيفة إلى أعلى من الجسم إلى طرف الجناح عند تركيب الطائرة في المصنع . والزاوية التي يثبت عليها الجناحان تعرف باسم **الزاوية الزوجية**. وهي غير قابلة للضبط .

٣ - **الانعراج** : وهو حركة دورانية تجنح فيها المقدمة إلى الدوران يميناً أو يساراً فتحاول الطائرة أن تطير جانبياً . وتركب زعنفة الذيل لتهيئة **الاستقرار الاتجاهي** ولابقاء الطائرة مستقيمة في وضعها التقدمي الصحيح .



التحكم في الطائرة :

مهما كانت الطائرة مستقرة ، يجب أن يكون الطيار قادراً على التحكم فيها ، وزيادة أو خفض ارتفاعها ، وتغيير اتجاهها حسب ظروف الطيران ومتطلباته .

التحكم الطولاني : يرفع أو يخفض مقدمة الطائرة . وهو يتهيأ بواسطة أسطح رافعة موجودة عند مؤخرة سطح الذيل الأفقي . وتحريك الطيار لعمود القيادة إلى الأمام يؤدي إلى خفض الأسطح الرافعة . ويؤدي ذلك إلى زيادة القوة المؤثرة إلى أعلى الذيل فتميل المقدمة إلى أسفل وتهبط الطائرة . وتعكس العملية لرفع المقدمة والصعود بالطائرة .

التحكم الجانبي : ويحصل عليه الطيار بتحريكه لعمود القيادة جانبياً (أو بادارة نصف عجلة موجودة في أعلى العمود) . ويؤدي ذلك إلى تشغيل **جنيحات** موجودة في مؤخرة كل جناح بالقرب من طرفه الخارجي . وتحريك العمود إلى اليمين يخفض الجنيح الأيسر ، ويزيد الرفع على الجناح الأيسر فتنعطف الطائرة إلى اليمين . وفي الوقت نفسه ، يكون الجنيح الأيمن قد تمت



التحكم الطولاني

التحكم الجانبي

التحكم التوجيهي

تعليته لاقلال الرفع على الجناح الأيمن وبذلك يخفض الجناح الأيمن . ويظهر هذا في الصورة عند النظر إلى مؤخرة الطائرة .

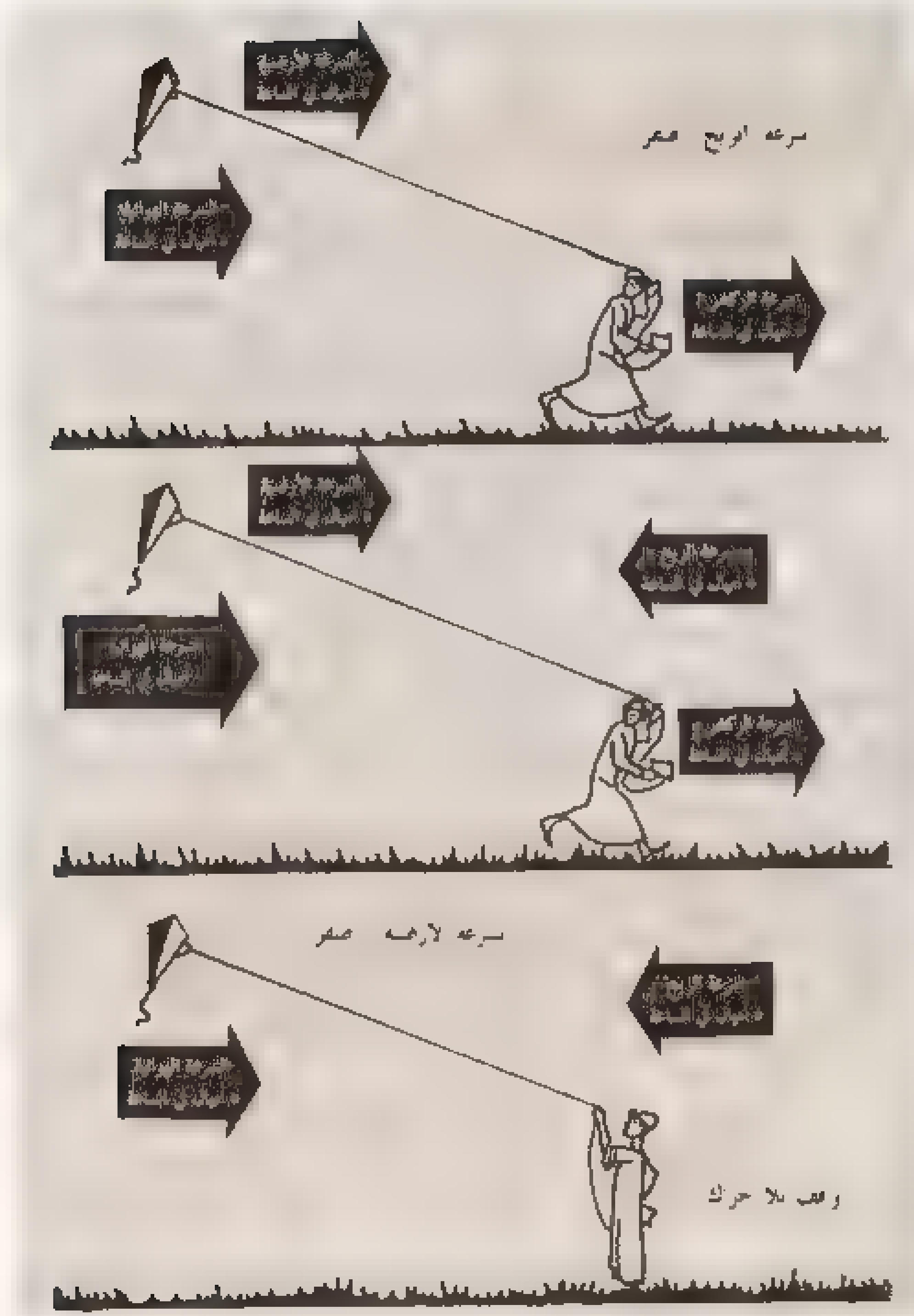
التحكم الاتجاهي : ويتم بواسطة دفة موجودة على زعنفة الذيل ، وتشغلها قدم الطيار . فإذا ضغط على البدال الأيسر إلى أسفل فان الدفة تدور إلى اليسار ، وتزيد القوة على يسار زعنفة الذيل ، وتدفع مقدمة الطائرة إلى اليسار .

المزيد عن الاستقرار ـ الطيار الأوتوماتيكي :

تناولنا موضوع الاستقرار فيما سبق ، ولكنه موضوع هام وسنتناوله هنا في شي من التفصيل .

يتفاوت الاستقرار بالنسبة للأنواع المختلفة من الطائرات . فالطائرات المقاتلة السريعة يجب أن تكون قادرة على المناورة بسرعة لتنقض على طائرة معادية أو على هدف أرضي . وهي تطير في الهواء لفترات قصيرة نسبياً . ولهذه الأسباب فان استقراريتها أقل مما للطائرات الأكبر حجماً ، وتحكم الطيار المباشر أكثر وأسرع .

ومن الناحية الأخرى ، فان طائرات الركاب الكبيرة التي تطير بثبات من نقطة إلى أخرى لعدة ساعات دون توقف تحتاج إلى درجة أكبر من الاستقرارية بحيث لا يحتاج قائدها إلى أن يضبط أجهزة التحكم فيها عند عمل كل حركة صغيرة للطائرة . ولزيادة معاونة قائد الطائرة ، ولاعطائها استقراراً أكبر فان معظم الطائرات التحارية تجهز **بطيار أوتوماتيكي** ، يعرف أحياناً باسم «جورج» . وهو شبكة من الجيروسكوبات والأجهزة الالكترونية تضبط معدات التحكم في الطيران على الأوضاع الصحيحة للطيران المستقيم والمستوي . ويمكن للقائد أن ينقل القيادة إلى «جورج» عندما يرغب هو في الراحة أو التنقل داخل الطائرة .



سرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء
وسرعتها بالنسبة إلى الأرض :

هناك وجهة أخرى للطيران يجب أن نتعرف عليها ، هي **سرعات الطيران** .

يوجد في الواقع نوعان من السرعات : سرعة الطائرة بالنسبة إلى الأرض ، وسرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء . وهما شيئان مختلفان تماماً .

لنعد ثانية إلى الطيارة الورقية . إذا جريت في الهواء الساكن ممسكاً بطيارة ورقية بسرعة خمسة كيلومترات في الساعة ، فان سرعتها بالنسبة إلى الأرض تكون خمسة كيلومترات في الساعة لأن هذه هي السرعة الفعلية التي تجري بها على الأرض وأنت ممسك بخيط الطيارة .

لنفرض الآن أنك تجري بسرعة خمسة كيلومترات في الساعة في مواجهة نسمة خفيفة سرعتها خمسة كيلومترات في الساعة . ان سرعة الطيارة بالنسبة للأرض ستظل كما هي ، ولكن بما أن الهواء يمر على الطيارة بسرعة عشرة كيلومترات في الساعة

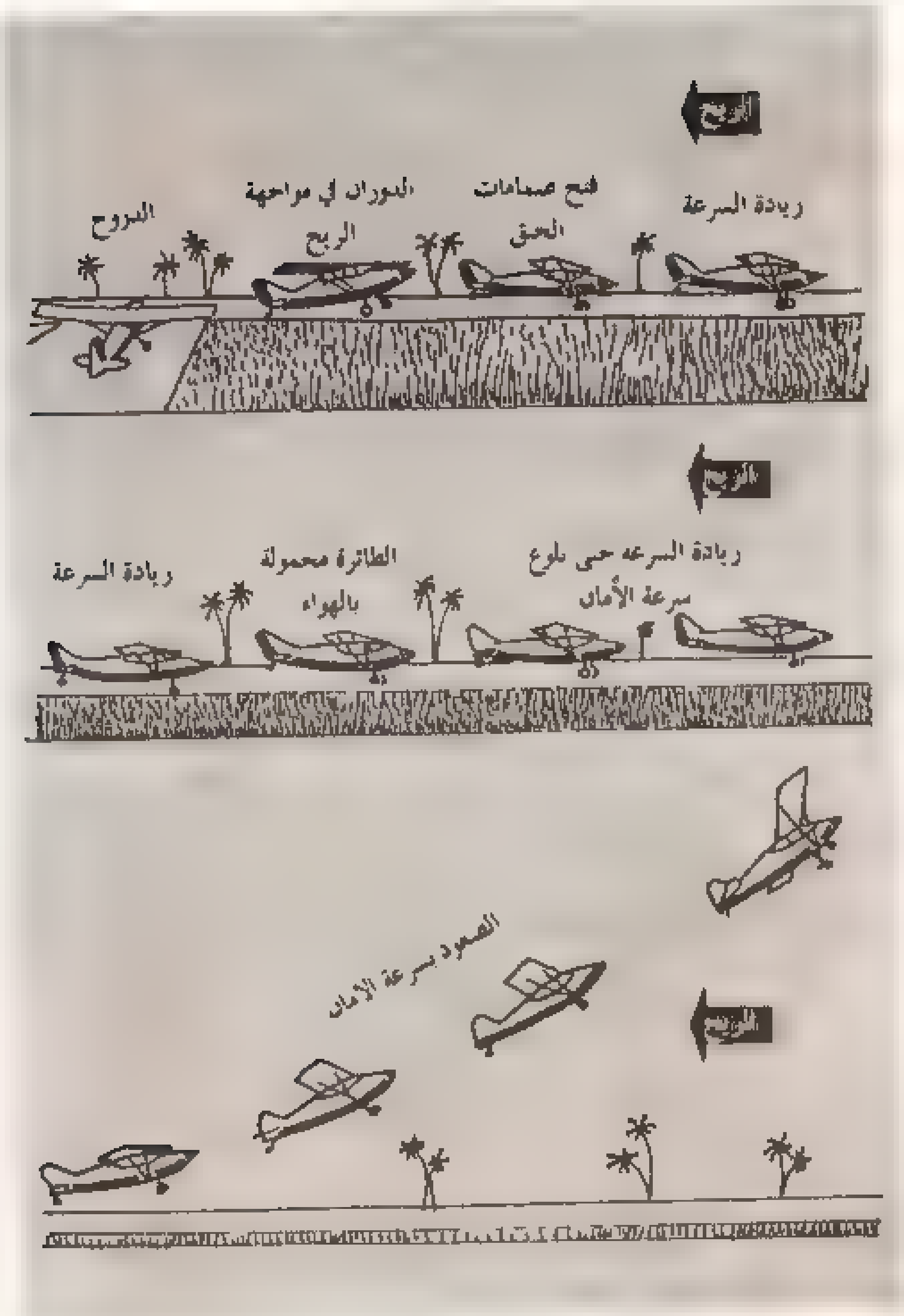
فان سرعة الطيارة الورقية بالنسبة للهواء تكون عشرة كيلومترات في الساعة ، أي السرعة التي تجري بها زائداً سرعة هبوب الهواء المار بالطيارة الورقية . قف ساكناً بطيارتك في نفس النسمة . ان سرعتها الآن بالنسبة إلى الأرض ستكون صفراً ولكن الهواء يمر بالطيارة بسرعة خمسة كيلومترات في الساعة ، وبذلك فان سرعتها بالنسبة إلى الهواء هي خمسة كيلومترات في الساعة .

وسرعة طائرة ما بالنسبة إلى الأرض هي التي تقرر المدة التي تستغرقها هذه الطائرة لتطير من مكان إلى آخر . وسرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء هي التي تحدث قوة الرفع ومقاومة الهواء . وستظل طيارتك الورقية محلقة ترفرف في النسمات اللطيفة حتى ولو كنت تقف ساكناً ، مما يجعلك تشعر بقوة السحب على الخيط .

نهوض الطائرة :

عرفنا في الفصول السابقة بعض المعلومات عن الهواء ، وكيف يؤثر على الطائرة ، وكيف يمكن التحكم في الطائرة . وهذه المعلومات بالغة الأهمية لأنها تتعلق بمبادئ الطيران الأساسية . والآن نريد أن نعرف كيف ترتفع الطائرة فعلاً في الهواء .

يجب قبل كل شيء أن تكون الطائرة صحيحة الوضع على أرض المطار ، ولذلك فإنها تتقدم عليه بواسطة محركاتها . ويسمى ذلك **الدرج بالطائرة** وعندما تصل إلى نهاية الممر فانها تدار ناحية الاتجاه الذي تهب منه الريح . ومع هبوب الريح تجاه الطائرة فإنها تكون قد اكتسبت في الواقع سرعة بسيطة بالنسبة إلى الهواء . وعندئذ تزاد سرعة المحركات ، فيدوي صوتها وتنطلق الطائرة بسرعة على الممر . وبازدياد سرعتها بالنسبة إلى الأرض ، تزيد كذلك سرعتها بالنسبة إلى الهواء ، حتى الوصول **إلى سرعة الطيران** . وعند هذه اللحظة يمكن للطائرة أن تبارح الأرض وتصبح محمولة على الهواء إذا زاد الطيار زاوية الهبوب زيادة طفيفة .



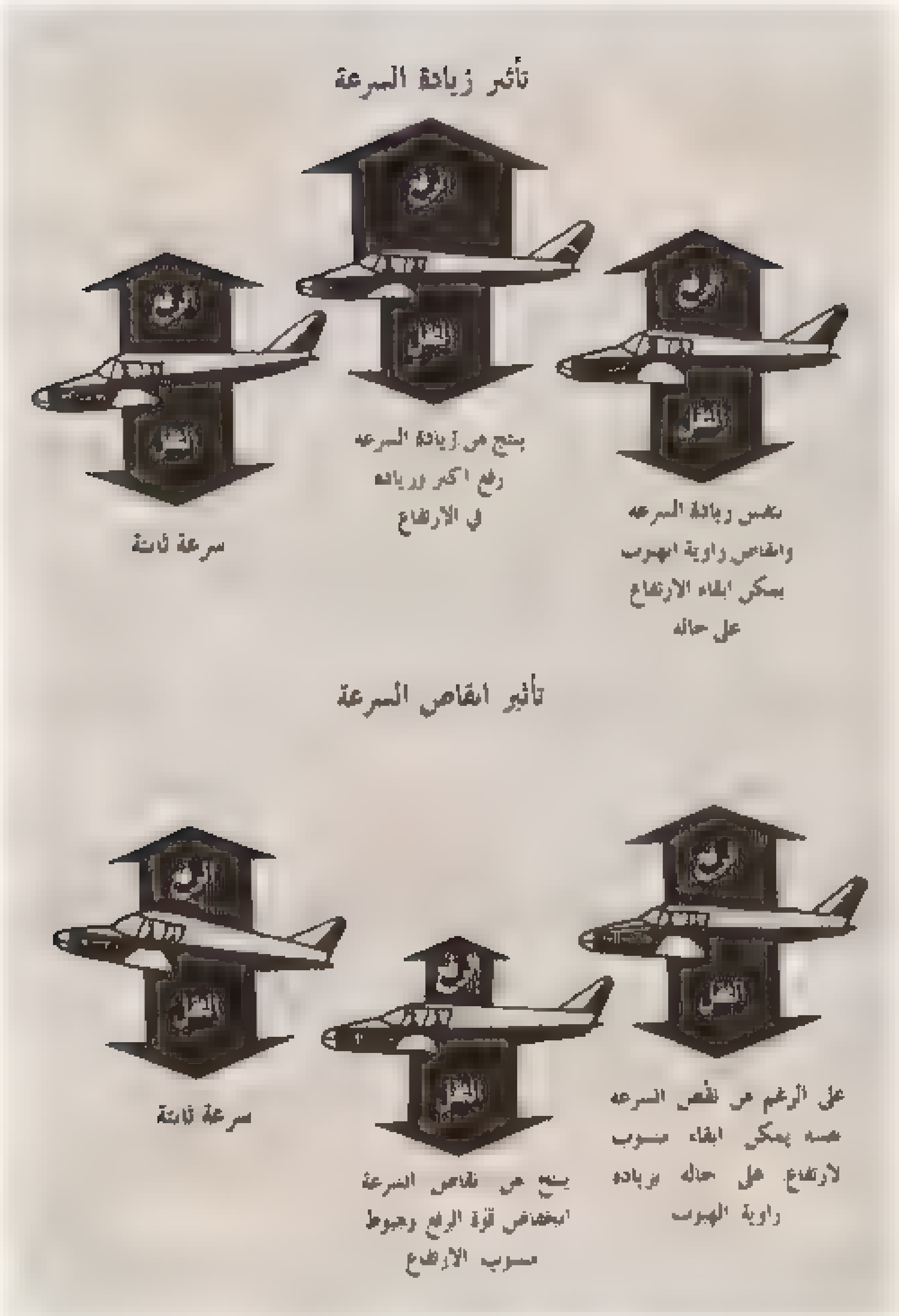
وتهيئ قوة الهواء المؤثرة إلى أعلى على الجناحين ، وكذلك سرعة الطائرة ، الرفع اللازم لطيرانها . وبعد وصولها إلى سرعة الأمان ، يمكن للطيار أن يحرك عمود القيادة ليزيد من رفع مقدمة الطائرة وبذلك يزيد من معدل الصعود .

الطيران المستوي ومدى السرعة :

لكي تطير الطائرة طيراناً مستقيماً ومستوياً يجب أن يكون الرفع مساوياً دائماً للوزن . ويجري التحكم في الرفع بواسطة زاوية الهبوب والسرعة . وإذا زاد قائد الطائرة سرعتها دون أن يعدل زاوية الهبوب فإن الطائرة ترتفع في الهواء . لذلك يجب عليه للاحتفاظ بالطيران المستوي أن يدفع عمود القيادة إلى الأمام لخفض المقدمة وبذلك تقل زاوية الهبوب . ويؤدي هذا إلى الاحتفاظ بالتوازن بين الرفع والوزن .

ومن الناحية الأخرى ، إذا خفض الطيار السرعة دون أن يعدل زاوية الهبوب فإن الطائرة تنخفض . لذلك يجب عليه أن يدفع عمود القيادة إلى الخلف ويزيد زاوية الهبوب للاحتفاظ بطائرته في وضع الطيران المستوي .

وقد يرغب الطيار في الطيران بأقصى سرعة ممكنة ، أو قد يرغب في الطيران بأقصى سرعة تطواف اقتصادية ليقلل من استهلاك الوقود ، أو قد يرغب في الطيران بأبطأ سرعة ممكنة في لحظة الحط على الأرض . وتصمم الطائرات لتطير



سرعات معينة وعلى ارتفاعات معينة . فهناك سرعة قصوى لا تستطيع قدرة المحركات تجاوزها . كما أن الطائرة لا تتمكن من مغادرة الأرض إذا قلت سرعتها عن حد أدنى لسرعة الطيران : وإذا كانت قد حلقت فعلاً في الجو فإنها ستنهار وتتحطم . وذلك لأن سرعتها أقل من أن تحتفظ برفع كاف لها حتى ولو زيدت زاوية الهبوب زيادة عظيمة . ويسمى ذلك **سرعة الانهيار** .

كيف تصل الطائرة الصاعدة إلى أقصى ارتفاع لها ؟

أوضحنا من قبل أن الطيران المستقيم والمستوي يستلزم أن يكون الرفع مساوياً دائماً للوزن . فإذا كان الرفع أكبر . فإن الطائرة ترتفع . ويعني ذلك أنه من الممكن أن تصعد الطائرة إذا كان لديها القدرة لزيادة السرعة – وبالتالي لزيادة الرفع – عما يلزم للطيران المستقيم والمستوي .

ومن الوجهة النظرية ، فإن كل ما على الطيار أن يفعله هو أن يزيد السرعة ، أو يرفع مقدمة الطائرة ليزيد زاوية الهبوب ، أو كليهما معاً . أما في الواقع . فليس الأمر بهذه السهولة

بالنسبة لخواص الهواء التي سبق ذكرها في بداية الكتاب . ومع ازدياد صعود الطائرة ، تتناقص كثافة الهواء . ويعني ذلك رفعاً أقل عند أية سرعة حقيقية معطاة بالنسبة إلى الهواء . مما يعني أنه تلزم قدرة أكثر لزيادة السرعة الحقيقية بالنسبة إلى الهواء إذا لزم أن تظل زاوية الهبوب ثابتة وإذا زيدت سرعة الهبوب فتلزم قدرة أكثر للتغلب على مقاومة الهواء الإضافية .

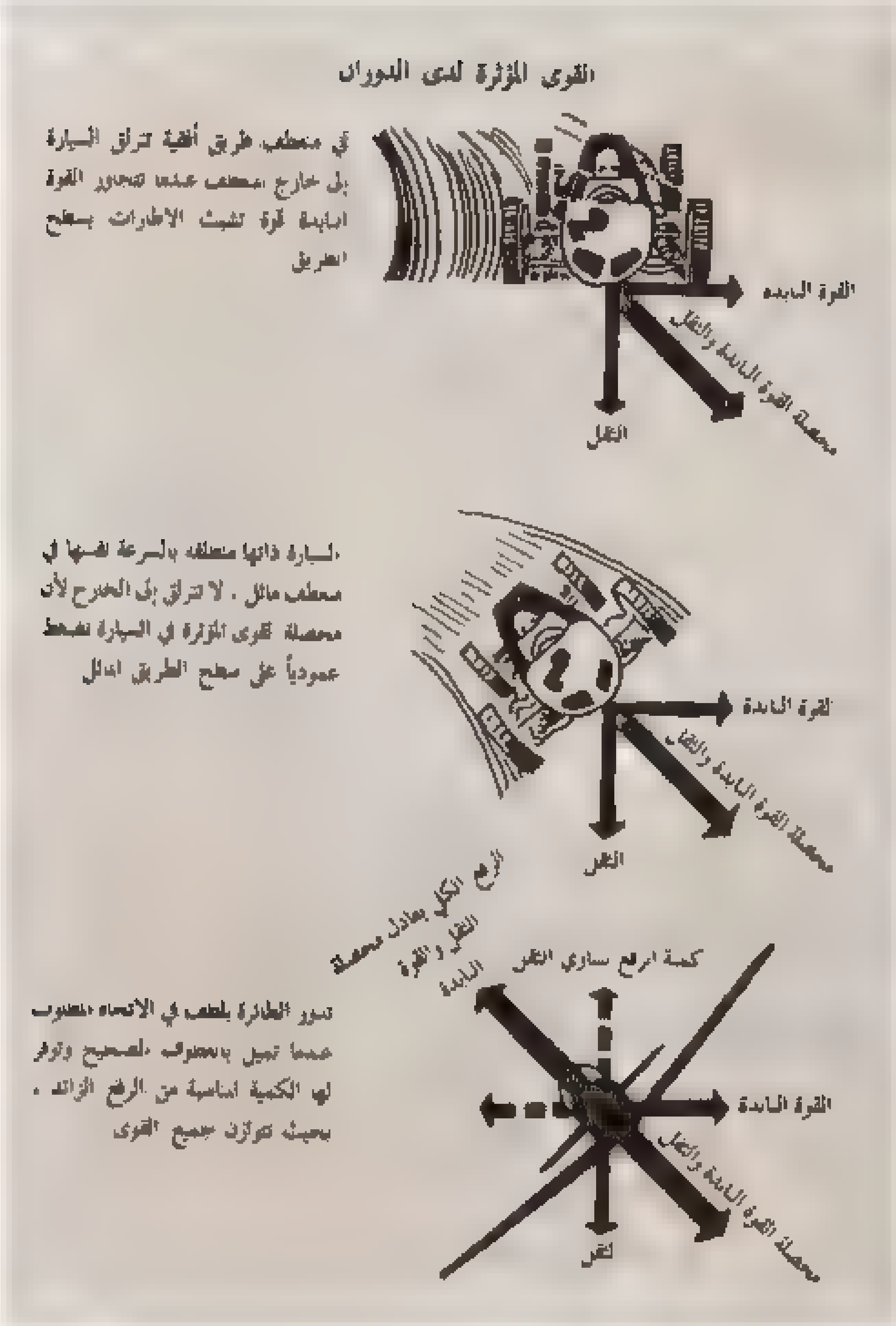
وكلما زاد ارتفاع طيران الطائرة ، فإن ذلك التأثير يزداد سوءاً . وفي الطائرات المزودة بمحركات كباسية يكون لتناقص كثافة الهواء أثر كذلك على هذه المحركات . وعندما تكون كل القدرة المتاحة كافية فقط للاحتفاظ بالطيران المستقيم والمستوي عند أفضل زاوية هبوب ، فإن الطائرة تكون عند أقصى ارتفاع لها . أما في حالة المحركات النفاثة فإن تناقص كثافة الهواء ليس له تأثير خطير على القدرة المتاحة .

الدوران :

إذا كان قد سبق لك أن طرت في طائرة ، أو راقبتها من الأرض فستكون قد لاحظت أنها كلما قامت بحركة دوران فإنها تؤدي ذلك على وضع مائل ، أي أن طرف أحد جناحيها يكون أكثر انخفاضاً من طرف الجناح الآخر . ويعرف هذا باسم **العطوف** .

فالشيء المتحرك في خط مستقيم يحاول أن يواصل تحركه على هذا الخط عند محاولة امالته . والسيارة التي يقودها سائقها حول منحنى على طريق مستو لن تدور حول هذا المنحنى إلا إذا كانت اطاراتها ملامسة بقوة لطريق . فإذا كانت تقاد بسرعة أكثر من اللازم فإنها سترحف تجاه خط تحركها الأصلي نتيجة لقوة تؤثر بعيداً عن مركز الدوران ، وتعرف باسم **القوة الطاردة المركزية** . وإذا كان مستوى منحنى الطريق مائلاً بانحدار من الخارج إلى الداخل ، فستدور السيارة فيه بسهولة أكثر وبسرعة أعلى لأن محصلة الوزن والقوة الطاردة المركزية ستؤثر عندئذ في اتجاه عمودي على الميل .

وإذا حاول الطيار أن يدور بطائرته دون عطوف ، فإنها



ستجنح إلى التحرك جانبياً في خط طيرانها الأصلي ، كما يحدث للسيارة . وعند انعطاف الطائرة ودورانها باستعمال كل من الدفة ، والجنيحات ، والأسطح الرافعة ، فإن الجناحين يزودانها برفع اضافي يضاد القوة المؤثرة إلى الخارج ويسمحان للطائرة أن تدور بسلاسة في الاتجاه المطلوب ، وذلك لأن كل القوى المؤثرة على الطائرة تكون متوازنة .

الحط على الأرض :

لعل حط الطائرة ، أي نقلها من الهواء إلى الأرض بأكثر قدر ممكن من الاقتدار والهدوء ، هو أصعب مناورات الطيران . فهو يتطلب تطيير الطائرة بأبطأ سرعة ممكنة دون انهيار ، وهذا يتطلب في حد ذاته مهارة ملحوظة من الطيار .

وعند اقتراب الطائرة من الأرض ، يكون لها سرعة إلى الأمام وسرعة إلى أسفل . وتكون السرعة الأمامية (بالنسبة إلى الأرض) قد خفضت تدريجياً بقطع قدرة المحركات ، ثم يزاد خفضها بالحط ضد اتجاه الريح ما أمكن ، ولكن أوضاع الممرات في المطارات الحديثة لا تسمح دائماً بأداء

ذلك بالضبط ، ويتم اللجوء في بعض الأحيان إلى **الحط المتعامد على الريح** .

ففي نقطة قريبة من الأرض ، تقلل السرعة الأمامية بالنسبة إلى الهواء بالغلق الكامل للصمام الخانق للوقود . ومع هبوط السرعة (نتيجة لإيقاف الطيار للدفع ولكنه لا يستطيع أن يقلل مقاومة الهواء) يتم الاحتفاظ بالرفع عن طريق تعلية مقدمة الطائرة تدريجياً بمسافات طفيفة ، وبذلك تزيد زاوية الهبوب ، ويتم الاحتفاظ بالرفع مساوياً للوزن أثناء هبوط السرعة إلى حدها الأدنى للطيران . وفي النهاية ، مع استمرار هبوط السرعة الأمامية ، يتم الوصول إلى حالة لا تتحرك عندها الطائرة بسرعة طيرانها . ومن الوجهة المثالية ، يحدث ذلك في لحظة ملامسة عجلات الطائرة للممر ، وانتقال وزن الطائرة في سلاسة من الهواء إلى الأرض .

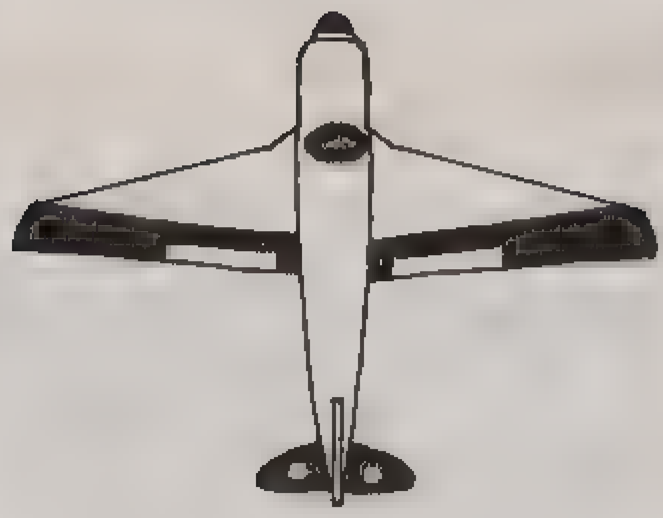
تخفيض سرعات الحط :

يجب إبقاء سرعات الحط أقل ما يمكن ، وإن كان من الضروري أن يظل رفع الجناحين مساوياً لوزن الطائرة حتى لحظة الحط . ولما كان من اللازم ابقاء سرعة الحط عند الحد

الأدنى لها ، لذلك يلزم رفع اضافي من الجناحين . فكيف يمكن الحصول على ذلك ؟ بتكبير زاوية الهبوب ؟ يمكن للطيار تهيئة ذلك بتعلية المقدمة ، ولكنها حركة صغيرة نسبياً وإلا فقد تنهار الطائرة . برفع نسبة الأحديداب على الجناحين ؟ بزيادة المساحة الجناحية ؟ إن كليهما يمكن أن يساعد إلى حد كبير ، ولكن تكبير الجناحين مع زيادة نسبة الاحديداب يؤديان إلى زيادة مقاومة الهواء وإبطاء سرعة الطائرة في أثناء الطيران العادي .

ولقد وجد مصممو الطائرات وسيلة للتغلب على هذه المشكلة باستعمال **القلابات** . وهي تركب في العادة مفصلياً بالحافة الخلفية للجناحين . وفي أثناء عملية الحط يحرك الطيار ذراع تحكم تؤدي إلى إخراج القلابات من الجناحين في اتجاه سفلي . وهذا يشكل في الواقع ، وخاصة في حالة القلابة الامتدادية ، اتساعاً مقوساً للجناحين لزيادة مساحتها ونسبة احديدابها ، ويهيئ رفعاً إضافياً يكفي للاقلال من سرعة الانهيار اقلالاً محسوظاً .

وفي أثناء الطيران العادي تبيت القلابات في الجناحين ، فلا تتأثر بهما سرعات الطيران .

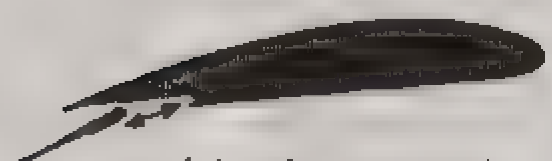




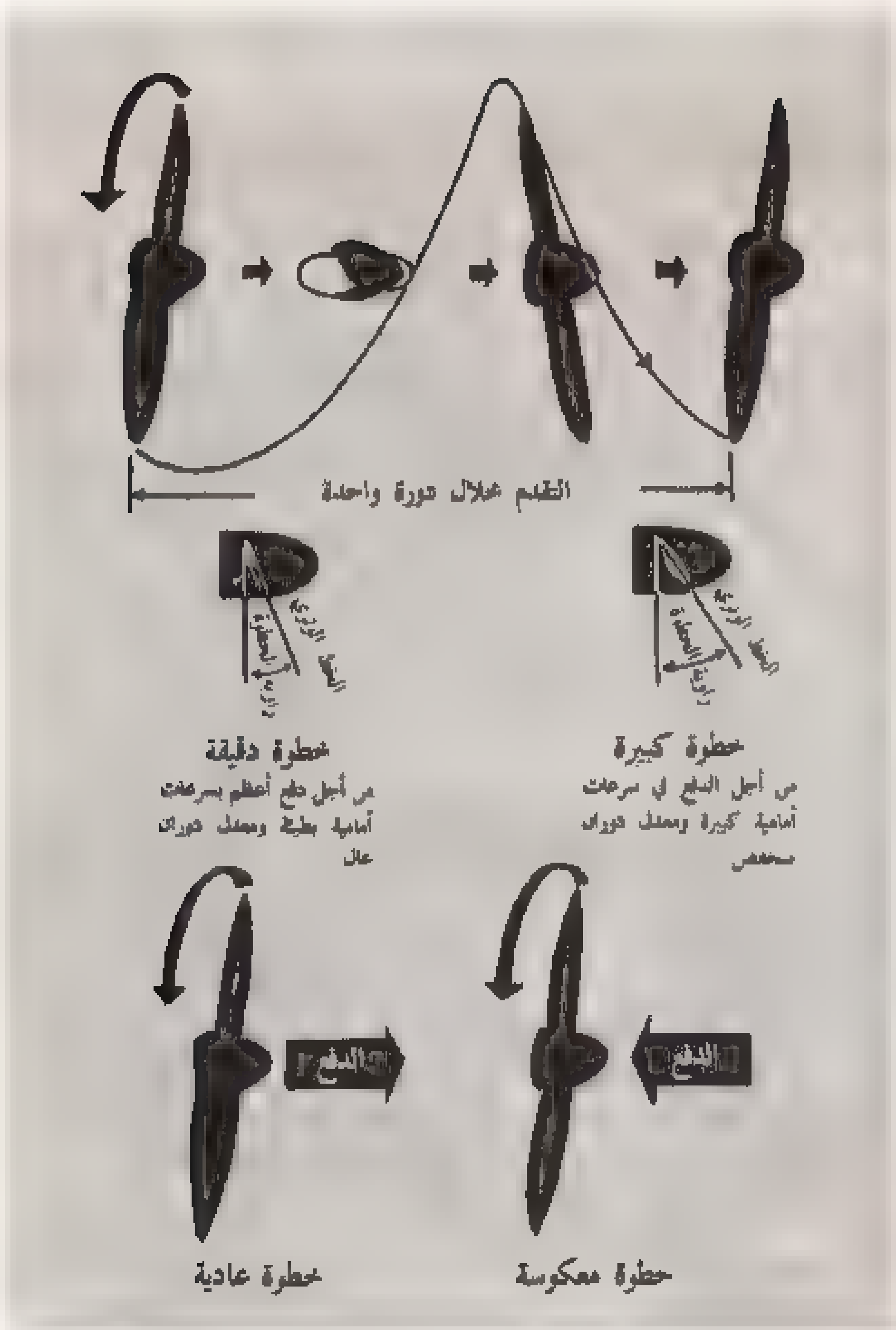
قلابة بسيطة (قلابة احديداب)



قلابة شقية



قلابة امتدادية (قلابة فاولر)



المروحة :

تستعمل المروحة في الطائرات ذوات المحركات الكباسية والتوربينات المروحية لإحداث الدفع الذي يعطي الطائرة سرعتها إلى الأمام ، وهذا بدوره يعطي الرفع لجعلها تطير .

ورياش المروحة ليست مسطحة ولكنها مقوسة ، وهي تشبه وتسلك مسلك **سطح الانسياب الرافع** . وهي كذلك تضبط على زاوية بالنسبة لاتجاه الدوران . وعند دوران المروحة تصطدم الرياش مع الهواء بزاوية هبوب وتحدث دفعاً بنفس الكيفية التي يحدث بها الجناح رفعاً . تصور أنك تدير صمولة على لولب (قلاووظ) مسمار . مع كل دورة كاملة تتحرك الصمولة على طول المسمار . وبالمثل ، فإن « الخطوة » ، أو زاوية رياش المروحة ، هي التي تقرر المسافة التي تتحركها المروحة إلى الأمام خلال الهواء في دورة واحدة . وكلما زادت السرعة التي صممت عليها الطائرة تزيد الخطوة حتى تتحرك المروحة إلى الأمام أكبر مسافة ممكنة أثناء كل دورة .

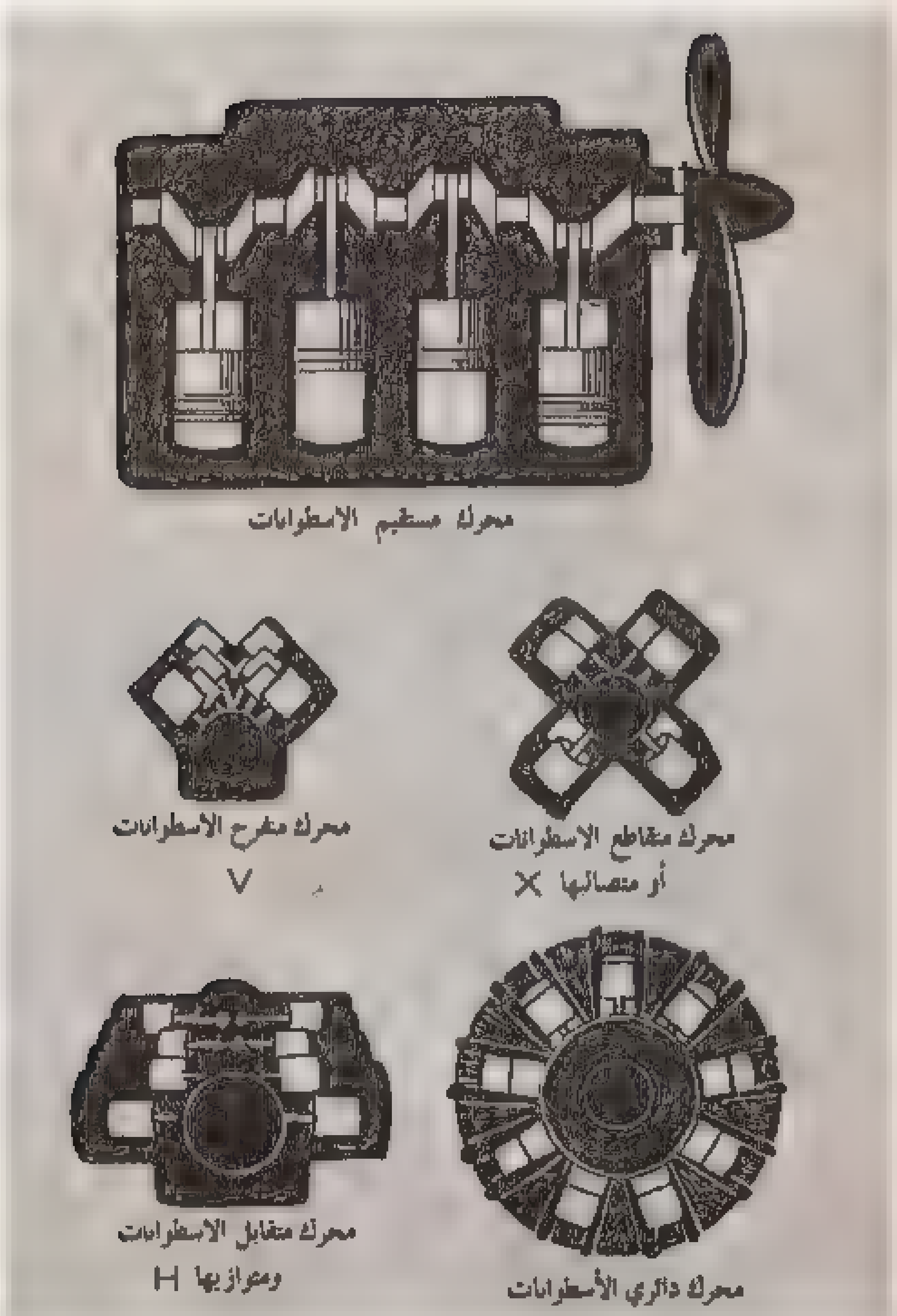
وفي العادة تجهز الطائرات التجارية الحديثة بمراوح تغير وتعكس خطوتها ، ويمكن للطيار أن يغير زاوية الخطوة

لتناسب ظروف الطيران . وتلزم الخطوة الدقيقة (زاوية أصغر) للنهوض كي تعطي أقصى دفع عند السرعات الأمامية المنخفضة واللفات العالية للمحركات ، أما الخطوة الخشنة (زاوية أكبر) فتلزم للاحتفاظ بالدفع عند السرعات العالية واللفات المنخفضة للمحركات أثناء التطواف . والخطوة العكسية تعكس تماماً فعل المروحة بحيث تدفع الطائرة إلى الخلف بدلاً من شدها إلى الأمام . ويستعمل ذلك بعد حط الطائرة لابطائها بسرعة .

المحركات الكباسية :

ليس من المتيسر في كتاب بهذا الحجم أن نتناول بالتفصيل الكيفية التي تعمل بها الأنواع المختلفة من المحركات . لذلك نكتفي ببيان المحركات المختلفة المستعملة والفروق الأساسية بينها .

تعمل المحركات الكباسية وفقاً لنفس المبدأ الذي تعمل عليه المحركات المستعملة في السيارات العادية . أي أنها تعمل بالبنزين ولها كباسات تتحرك صعوداً وهبوطاً في اسطوانات (سلندرات) وهذه الحركة الترددية تدير عموداً مرفقياً هو



الذي يعطي الإدارة اللازمة . وفي حالة الطائرة فإن الجزء الذي يدار هو المروحة .

وهناك نوعان رئيسيان من المحركات الكباسية : أحدهما ترتب فيه الكباسات والاسطوانات في خط كما في حالة السيارة العادية ، ولكن هذا الترتيب الأساسي يختلف عند ازدياد القدرة واستعمال عدد أكثر من الاسطوانات على هيئة V أو X أو H . والنوع الثاني هو المحرك نصف القطري وفيه « تشع » الأسطوانات إلى الخارج من المركز ويكون للمحرك شكل دائري عند النظر إليه من الأمام .

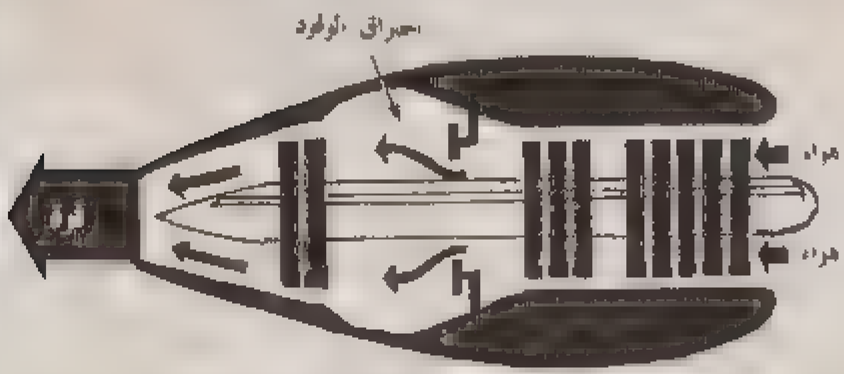
وعند استعمال المحركات الكباسية لدفع الطائرات ، فإن النوع نصف القطري هو الذي يركب في معظم الطائرات التجارية متعددة المحركات . ويشيع استعمال محركات الكباسات الخطية في الطائرات الصغيرة ذات المحرك الواحد .

النفاثات والتوربينات المروحية :

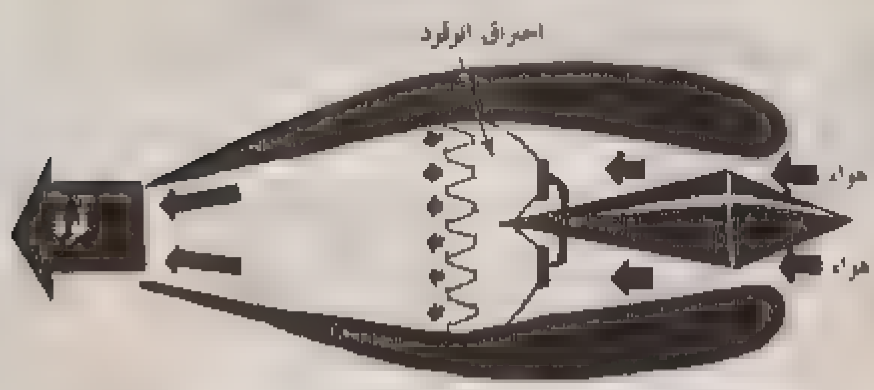
تزود الطائرات التجارية المستخدمة في الأغراض المختلفة بمحركات توربينية أو محركات نفاثة . ويرجع ذلك إلى أن



محرك مروحي تربيني (قوة الدفع من المروحة)



محرك تربيني نفاث (قوة الدفع من النفاثة)



محرك نفاث تضاغطي (قوة الدفع من النفاثة)

محركات البنزين الكباسية لم تعد صالحة لتوفي بالمتطلبات الحديثة . فما هي مزايا توربينات الغاز المستخدمة في الطائرات على نظائرها من المحركات الكباسية ؟ إنها أقوى وأمتن ، وتدور لفترات أطول قبل أن تحتاج إلى عمليات اصلاح شاملة « عمرات » ، وهي تنتج قدرة متواصلة بدلاً من الدورات « الأشواط » المعروفة في المحركات الكباسية . ووقودها « الكيروسين » أرخص من البنزين . وهي أخف وزناً . وشكلها يقلل إلى أدنى حد من مقاومة الهواء ، كما أنها خالية من الاهتزازات .

وباختصار ، فإن المحرك التوربيني يعمل كما يلي : يقوم ضغاط دوار بسحب الهواء وإدخاله في مقدمة المحرك . ثم يدفع الهواء إلى غرف الاحتراق حيث يرش فيها الكيروسين ويحرق ، وتؤدي الحرارة الهائلة المتولدة إلى تمدد الهواء . فيتحرك بسرعة عظيمة خلال أنابيب لهب إلى رياش عجلة التوربين . وهذا يؤدي إلى دوران العجلة وبذلك تنتج القدرة ، التي تدير المروحة عن طريق مجموعة من التروس .

وفي حالة المحرك التوربيني النفاث ، يخرج الهواء المسخن

من ماسورة العادم على هيئة « نفث » يدفع الهواء المحيط إلى الخلف ، وبذلك يدفع الطائرة إلى الأمام .

وبالمثل ، ففي حالة المحرك النفاث التضاغطي ، نحصل على الدفع بالنفث الصرف ، أي النفث وحده . ومن النادر استعمال هذا النوع من المحركات ، لأنه لا يمكن أن يعمل عند السرعات المنخفضة نتيجة لاعتماده على سرعة التقدم إلى الأمام فقط (وليس على ضغاط) لدفع الهواء إلى داخله .

أجهزة الطيران :

بالرغم من أن تشغيل أية طائرة يتوقف إلى حد كبير على خواص الهواء الذي تطير فيه ، وعلى تصميم الطائرة بحيث تستفيد من هذه الخواص . إلا أن الطيار عليه مسؤولية كبيرة في التطيير الفعلي للطائرة . وغرفة القيادة في طائرات الركاب الضخمة لها منظر مثير لمن يشاهدها لأول مرة ، نظراً لما تحويه من أجهزة دقيقة ، ومؤشرات ، ووسائل تحكم ، ومفاتيح كهربائية وأضواء بيانية ، يعرف منها الطيار كافة التفاصيل مما يحدث في كل جزء من أجزاء الطائرة . هي من الكثرة بحيث نكتفي بذكر القليل منها هنا .

فهناك **مبين السرعة بالنسبة إلى الهواء** . وهو موصل بأنبوبة يمكن أن تراها في بعض الأحيان بارزة إلى الأمام من مقدمة أو جناح الطائرة . ويعطي **الألتيمتر** (مقياس الارتفاع) ارتفاع الطائرة فوق **الأرض** وتبين **البوصلة الاتجاه وتمكن من تحديد** مسار الطائرة . ويبين **الأفق الاصطناعي** ما إذا كان طيران الطائرة مستوياً ، أي بدون خطران أو عطوف : وهذا أمر بالغ الأهمية **للطيران الأعمى** في أثناء الليل أو مع تلبد السحب عندما لا يتمكن الطيار من رؤية الأرض . ويعرف الطيار من **مبين الدوران والانزلاق** أن تحركات الدفة والجنيحات صحيحة ، كما يعرف منه معدل دورانها . وكذلك يوجد مبين لمعدل صعود وهبوط الطائرة . وهناك عدداً كبيراً آخر من الأجهزة الدقيقة .

الملاحة :

إن النهوض بالطائرة في الهواء وتطييرها يمثلان مشكلة واحدة ، ولكن تطييرها في الاتجاه الصحيح ثم الحط في مكان يبعد مئات ، وفي بعض الأحيان آلاف ، الكيلومترات عن المكان الأصلي إنما هو مجموعة أخرى تماماً من المشاكل .

وعملية التعرف على الطريق من مكان إلى آخر تعرف باسم **الملاحة** . وتتضح الأهمية العظمى للملاحة الجوية في أثناء الليل أو في الطقس الملبد بالسحب .

وأجهزة الطائرة الأساسية المستعملة في الملاحة ، أي مبين سرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء والبوصلة المغنطيسية ، وساعة دقيقة ، لا تعطي سوى معلومات عما تفعله الطائرة بالنسبة إلى الهواء الذي تطير فيه . ولكن ما لم تكن الريح ساكنة تماماً ، فإن الهواء يتحرك ككل بالنسبة إلى الأرض ، ولذلك يجب على الملاح أن يأخذ في الاعتبار عند عمل حساباته تأثير الريح على طائرته عند الارتفاع الذي تطير عليه .

وتحتوي الطائرات الحديثة على مساعدات ملاحية أخرى ، فالرادار يسمح لطيار « بالرؤية » خلال الظلام أو السحب . وتستخدم معدات تحديد الاتجاه اللاسلكية في الاتصال بالمحطات الأرضية لتحديد موضع الطائرة بدقة متناهية . وبالطبع فإن الملاحة في الأيام الصحوة ، حيث يمكن رؤية الأرض بوضوح ، تكون أمراً بسيطاً إلى حد ما ، لأنها قد لا تتطلب سوى تحديد بعض المعالم الأرضية ، مثل المدن والأنهار ، التي يمكن التعرف عليها بسهولة .

المعدات المساعدة :

الطائرات الحديثة آلات بالغة التعقيد تحمل قدراً هائلاً من المعدات التي يجب أن تعمل جميعاً بدقة تامة . ولعل أوضح جزء من المعدات المساعدة هو العربة السفلى التي تحمل العجلات . والعربة السفلى مفيدة جداً عندما تكون الطائرة على الأرض ، ولكن ما أن تحلق الطائرة في الهواء فإنها تصبح مصدراً للمضايقة . فهي بتدليها أسفل الطائرة إنما تعترض سريان الهواء ، فتزيد من مقاومته كما أنها تقلل كلاً من الرفع والسرعة . وهذا هو السبب في أن العربة السفلى تنضم دائماً في الجناحين بمجرد مغادرة الطائرة للأرض . لاحظ ذلك بنفسك عندما ترقب في المرة القادمة طائرة وهي تنهض في الهواء . ويتحكم الطيار في أجهزة الانضمام التي تشغل كهربائياً أو هيدروليكياً .

وفي الطائرات الكبيرة تشغل أجهزة التحكم في الطيران آلياً . فعندما يحرك الطيار عمود القيادة أو ذراع الدفة بيديه أو قدميه فإنه يبدئ تشغيل دورة هيدروليكية تحرك بدورها الجنيحات ، أو الأسطح الرافعة ، أو الدفة . ومن الصعب

جداً ، إن لم يكن من المستحيل على الاطلاق ، تأدية هذا العمل دون عون آلي .

وتلزم الكهرباء للاضاءة ولتشغيل الأجهزة اللاسلكية والرادار . وتقوم المحركات الرئيسية غالباً بإمداد كل هذه المعدات وغيرها بالقدرة ، ولكن بعض الطائرات الكبيرة تجهز بمحركات مساعدة صغيرة لمقابلة أحمال القدرة الاضافية .

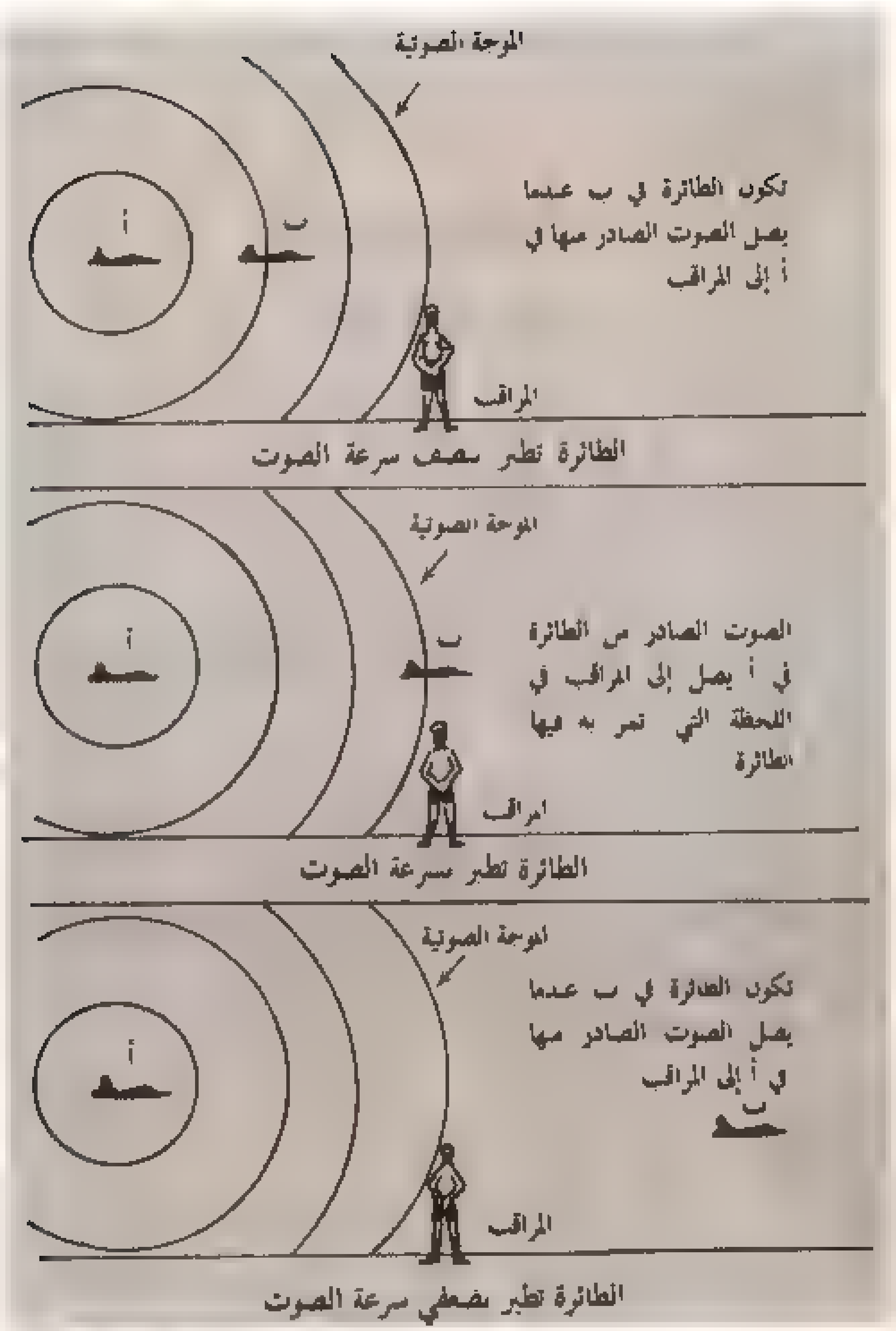
الحاجز الصوتي :

هذا الفصل لا يفسر في الواقع كيف تعمل الطائرة . وإذا كنت قد قرأت الفصول السابقة بعناية فستكون قد عرفت عن الطائرات أكثر مما يعرف معظم الناس . ومعظم الطائرات ، وخاصة الطائرات الحربية ، يمكنها أن تطير بسرعة الصوت ، بل وأسرع من ذلك ، ولذلك فقد يكون من المشوق أن نعرف بعض المعلومات عن ذلك .

فعندما تطير طائرة بسرعات أقل من سرعة الصوت ، تنقل الضغوط التي تنتج عن تحركها خلال الهواء إلى الهواء المحيط بها على هيئة موجات وتنتقل موجات الضغط هذه

بنفس سرعة انتقال الصوت في الهواء ، أي حوالي ٧٦٠ ميلاً في الساعة . وعند طيران طائرة بسرعة أقل من سرعة الصوت ، فإنها تنتقل خلف موجات الضغط وموجات الصوت . لذلك يمكنك سماعها وهي قادمة . وعند سرعة الصوت بالضبط تتحرك الطائرة مع الموجات والصوت ، ولن تسمعها إلى أن تمر فوقك مباشرة . وإذا تحركت في اتجاهك بسرعة أعلى من سرعة الصوت ، فإنها تطير خلال موجات الضغط ، وتمر بك قبل هذه الموجات ، وستسمعها قادمة بعد أن تكون قد تجاوزتك ! والمرور خلال الموجات الصوتية يعرف غالباً بأنه المرور **خلال الحاجز الصوتي** .

والفرقعات الصوتية هي الموجات الصدمية التي تحدثها طائرة تطير بسرعة أعلى من سرعة الصوت ، فتصل إلى أذني الشخص الموجود على الأرض .



المصطلحات الفنية

(انجليزي ـ عربي)

aerofoil	سطح انسياب رافع
aileron	جنيح
aileron droop	تدلي الجنيح
airflow	سريان الهواء
altimeter	ألتيمتر . مقياس الارتفاع
angle of approach	زاوية الاقتراب
angle of attack	زاوية الهبوب
angle of bank	زاوية العطوف
angle of climb	زاوية الصعود
artificial horizon	الأفق الاصطناعي
atmospheric pressure	الضغط الجوي
automatic pilot	طيار أوتوماتيكي
auxiliary equipment	المعدات المساعدة
banking	العطوف
blade	ريشة (ج. رياش)
blind flying	طيران أعمى

camber	نسبة الاحديداب (لسطح الانسياب)
ceiling	أقصى ارتفاع
centrifugal force	قوة طاردة مركزية
chord line	الخط الوتري
climb	الصعود
climb indicator	مبين الصعود
coarse pitch	خطوة خشنة
compass	بوصلة
compass course	السير المغنطيسي بالبوصلة
compressible	قابل للانضغاط
compressor	ضغاط
control column	عمود القيادة
cross-wind	ريح متعامدة
cross wind landing	الحط المتعامد على الريح
cruising	التطواف
cruising speed	سرعة التطواف
dihedral angle	الزاوية الزوجية
directional control	تحكم اتجاهي
directional stability	استقرار اتجاهي
drag	مقاومة الهواء
elevator	السطح الرافع
elevator control	موجة السطح الرافع
extension flap	قلابة امتدادية

خطوة دقيقة	fine pitch
قلابة	flap
الطيران	flying
سرعة الطيران	flying speed
قلابة « فاولر »	fowler flap
جسم الطائرة	fuselage
محرك نفاث	jet engine
الحط	landing
سرعة الحط	landing speed
تحكم جانبي	lateral control
استقرار جانبي	lateral stability
الحافة المتقدمة	leading edge
طيران مستو	level flight
الرفع	lift
تحكم طولاني	longitudinal control
استقرار طولاني	longitudinal stability
مناورة	manoeuvre
الملاحة	navigation
الملاح	navigator
مقدمة الطائرة	nose
هبوط المقدمة	nose-down
ارتفاع المقدمة	nose-up
محرك كباسي	piston engine

خطوة	pitch
الخطران	pitching
محرك نصف قطري	radial engine
محرك نفاث تضاغطي	ram-jet engine
معدل الصعود	rate of climb
خطوة عكسية	reverse pitch
مروحة تعكس خطوتها	reversible-pitch propeller
العطوف	rolling
ممرر	runway
سرعة الأمان	safety speed
انزلاق جانبي	sideslip
فرقعة صوتية	sound bang
الحاجز الصوتي	sound barrier
نطاق السرعات	speed range
قلابة مشقوقة	split flap
الاستقرار	stability
زاوية الانهيار	stalling angle
سرعة الانهيار	stalling speed
سريان انسيابي	streamlined flow
سطح الذيل الرافع	tail plane
النهوض	take-off
الجري قبل النهوض	take-off run
الوزن عند النهوض	take-off weight

taxying	الدرج بالطائرة
test pilot	طيار اختبار
throttle	صمام خانق
thrust	الدفع
turbulent flow	سريان مضطرب
undercarriage	العربة السفلى
variable-pitch propeller	مروحة متغيرة الخطوة
yawing	الانعراج

مطابع الشروق
بيروت : ص.ب : ٨٠٦٤ - هاتف : ٣١٥٨٥٩ - ٣١٥٢٠٤ - برقياً : داشروق
القاهرة : ١٦ شارع جواد حسني - هاتف : ٧٧٤٨١٤ - برقياً : شروق القاهرة

مطابع الشروق


عرب كوميكس
www.arabcomics.net
هذا العمل لهواة القصص المصورة و لا يهدف للربح بل هدفه توفير المتعة الأدبية لكل من يهتم بهذا الفن
الرجاء حذف هذا الملف بعد قراءته و شراء النسخة الأصلية الورقية عند توفرها في الأسواق لدعم استمرايتها